



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG**

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISE AMBIENTAL E  
DIAGNÓSTICO DA VEGETAÇÃO NATIVA NAS ÁREAS DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DOS  
BAGRES, FRANCA/SP**

**Gabriel Rodrigues Nascimento**

**Prof. Dra. Tatiana Diniz Gonçalves**  
**Orientadora**

**Brasília, Dezembro de 2015**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG**

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISE AMBIENTAL E  
DIAGNÓSTICO DA VEGETAÇÃO NATIVA NAS ÁREAS DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DOS  
BAGRES, FRANCA/SP**

**Monografia apresentada ao curso de  
Pós-Graduação “Especialização em  
Geoprocessamento Ambiental” da  
Universidade de Brasília, como  
requisito para obtenção do título de  
Especialista em Geoprocessamento  
Ambiental**

**Gabriel Rodrigues Nascimento**

**Prof. Dra. Tatiana Diniz Gonçalves**

**Orientadora**

**Brasília, Dezembro de 2015**

# **GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISE AMBIENTAL E DIAGNÓSTICO DA VEGETAÇÃO NATIVA NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DOS BAGRES, FRANCA/SP**

## **GEOPROCESSING APPLIED TO ENVIRONMENTAL ANALYSIS AND DIAGNOSIS OF THE NATIVE VEGETATION IN PERMANENT PRESERVATION AREAS AT THE RIBEIRÃO DOS BAGRES SUB- BASIN, FRANCA/SP**

Gabriel Rodrigues Nascimento - Universidade de Brasília - DF - Brasil  
[grnas83@gmail.com](mailto:grnas83@gmail.com)

Tatiana Diniz Gonçalves - Universidade de Brasília - DF - Brasil  
[tatidg@terra.com.br](mailto:tatidg@terra.com.br)

### **RESUMO**

O presente trabalho teve como principais objetivos realizar a análise ambiental e os diagnósticos de uso e ocupação do solo e de vegetação nativa em Áreas de Preservação Permanente (APP), através da imagem Landsat-8 (sensor OLI) e do Modelo Digital de Elevação (MDE) do TopoData, utilizando Sistemas de Informações Geográficas e Processamento de Digital de Imagens. A área de trabalho escolhida foi a sub-bacia do Ribeirão dos Bagres, situada nos municípios de Franca/SP e Restinga/SP, inserida na bacia do Rio Grande, próxima à divisa de São Paulo e Minas Gerais. O processamento dos dados e levantamento de campo permitiram uma representação da distribuição espacial da paisagem e integração de dados com resultados satisfatórios. As classes de uso do solo utilizadas para classificação da área total foram Mata, Mancha Urbana, Cana de Açúcar, Cultura Perene e Solo Exposto, estimando um índice Kappa de 78%. Para diagnóstico da vegetação nativa nas APPs, foi utilizada uma segunda classificação com apenas duas classes: Mata e Outros. Aproximadamente 45,7% das APPs se encontram em situação de degradação e o restante tem suas áreas ocupadas por mata ciliar. Tal levantamento não levou em conta as estradas, lagoas ou outras áreas consolidadas que possam estar dentro das APPs.

**Palavras-chave:** Sensoriamento Remoto; Bacia Hidrográfica; Áreas de Preservação Permanente; Vegetação Nativa; Ribeirão dos Bagres; Sistemas de Informações Geográficas.

## ABSTRACT

This work had as main purpose, perform via satellite image of Landsat-8 (sensor OLI) and Digital Elevation Model (DEM) of TopoData, environmental analysis, diagnosis of land use and occupation and the environmental situation in Permanent Preservation Areas through Geographic Information Systems and Digital Image Processing. The chosen work area was the Ribeirão dos Bagres sub-basin, located in the municipalities of Franca/SP and Restinga/SP, inserted in the Rio Grande basin, near the border of São Paulo and Minas Gerais. The data processing and field survey, allowed a spatial distribution representation of the landscape and integrating data with satisfactory results. Land use classes of the total area used for classification were Forest, Urban Sprawl, Sugar Cane, Perennial Culture and Solo Exposed, resulting a Kappa index of 78%. For diagnosis of the native vegetation in the PPAs, a second classification was used with only two classes: Forest and Others. Approximately 45,7% of the PPAs are in a situation of degradation and the rest has its areas occupied by riparian forest. This survey did not take into account the roads, ponds or other areas that may be consolidated within the PPAs.

**Keywords:** Remote Sensing; Hydrographic basin; Permanent Preservation Areas; Native Vegetation; Ribeirão dos Bagres; Geographic Information Systems.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Apresentação

O crescimento urbano desordenado e com pouco planejamento traz quase sempre diversas consequências e desajustes ambientais tanto do ponto de vista econômico quanto social, podendo gerar sérios danos a moradias e infraestrutura pública, assim como a paisagem do ambiente rural no entorno.

A conservação da vegetação nativa nas áreas de preservação permanente é fundamental para a prevenção de danos ambientais, tais como assoreamento nos rios, e garante a qualidade e fluxo da água. Segundo Zakia (2013), as APPs podem ser classificadas em quatro tipos, no qual compreendem: “Hídrica natural (nascente; cursos d' água intermitentes e perenes; lagoas e lagos naturais; e veredas), Reservatório (reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento e represamento de cursos d'água naturais), Relevo (encostas, bordas dos tabuleiros, chapadas, topo de morros, montes, montanhas e serras) e Associada à área costeira (restingas e manguezais)”.

O “Novo” Código Florestal, Lei nº 12.727 de 17 de Outubro de 2012, trouxe novas possibilidades de adequação ambiental para os proprietários rurais brasileiros, flexibilizando a responsabilidade de restauração florestal nas faixas de APPs, anteriormente obrigatórias em sua totalidade. Pela nova lei, instituída em 2012, muitas propriedades podem se regularizar ambientalmente com áreas consolidadas dentro das APPs, e assim se livrar da obrigação de reflorestar integralmente as margens dos córregos, nascentes, ribeirões e rios. Tais medidas são aplicadas conforme o tamanho da propriedade e se o proprietário desmatou as áreas antes ou depois de 22 de Julho de 2008. Porém, neste trabalho não foi considerada as questões de passivos ambientais, visto que não foi possível o acesso à malha de imóveis rurais dos municípios inseridos na sub-bacia.

Contudo, do ponto de vista da conservação biológica e funcionalidade da vegetação nativa, a importância da mata ciliar ao longo dos cursos d’água continua a mesma. Este tipo de vegetação cumpre papel fundamental na conservação dos recursos hídricos quando bem preservada e traz muitos benefícios para a qualidade da água, sendo de suma importância para o fluxo da mesma ao longo dos cursos de drenagem.

As bacias hidrográficas são as unidades de gestão primordiais para a redução de impactos ambientais, sendo base para aplicação de medidas preventivas voltadas para a restauração florestal das matas ciliares, visando a manutenção da qualidade da água e do solo, a fim de evitar erosões, deslizamentos de terra e contribuindo para conservação do fluxo gênico e da biodiversidade.

As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d’água principal, e constituem áreas maiores que 100 quilômetros quadrados e menores que 700 quilômetros quadrados (Faustino, 1996).

De acordo com Lima e Zakia (2004), bacias hidrográficas são sistemas abertos que recebem energia de agentes climáticos e perdem energia do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico.

De forma geral, o tamanho da bacia hidrográfica em um estudo tem influência sobre os resultados. Assim, bacias hidrográficas menores facilitam o planejamento, seja por razões técnicas seja por razões estratégicas, pela maior facilidade de garantir a participação popular e

individualizar os problemas principais, que se tornam mais centralizados ou limitados (Santos, 2004).

O NDVI indica a proporção e a condição da vegetação verde, onde para superfícies com presença de vegetação o seu valor é positivo, para superfícies sem vegetação o valor é nulo, e já para a água ou nuvens o valor tende a ser negativo. Quanto mais próximo do extremo positivo, maior a densidade da cobertura vegetal, ou seja, condiz com um estágio denso e desenvolvido, porém não possibilita identificar se é vegetação nativa ou exótica. O mesmo valor diminui com a presença de vegetação com menor densidade. Embora o índice seja bastante utilizado no sensoriamento remoto, o mesmo apresenta algumas limitações. Segundo Jensen (2009), sofre influência da radiação de trajetória atmosférica, apresenta saturação em relação a altos valores de Índice de Área Foliar (IAF) e tem sensibilidade às mudanças do substrato do dossel, como o solo.

Os sistemas de informações geográficas possuem ferramentas fundamentais para a aplicação da legislação ambiental, funcionando como fontes de processamento de informações seguras em diversas escalas territoriais. Possibilitam maior visibilidade nas paisagens e regiões de estudo, e trazem uma ampla projeção e análise histórica da ocupação e modificação de ambientes urbanos e rurais.

Os Sistemas de Informação Geográfica são imprescindíveis para delimitação e quantificação de APPs e bacias hidrográficas. Tais sistemas integram numa única base de dados, informações espaciais e numéricas de diversas fontes permitindo a manipulação, a consulta e recuperação desses dados, gerando novas informações espaciais (Câmara, 1993).

Os órgãos ambientais municipais, estaduais e federais, responsáveis pela fiscalização em diversas esferas, geralmente com equipe técnica inferior ao número de processos e análises, podem otimizar seus trabalhos tomando como base o geoprocessamento para o planejamento de suas atividades em campo.

A justificativa para a escolha da área deve-se ao fato da ausência de estudos realizados nessa sub-bacia. Espera-se como contribuição que possa dar base para o planejamento ambiental destinado à recuperação, conservação e preservação ambiental da região, e consequentemente com a melhoria da qualidade de vida da população. A região apresentou alto índice de desmatamento no passado e a degradação das matas ciliares é visualmente observada, sendo necessárias medidas preventivas e de recuperação ambiental. Este trabalho poderá servir como

subsídio para planos de restauração florestal das matas ciliares inseridas na sub-bacia do Ribeirão dos Bagres, assim como exemplo para levantamento e análise ambiental em outras unidades de gestão dos recursos hídricos.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Trazer subsídios para a adequação ambiental nas Áreas de Preservação Permanente e melhoria na qualidade da água na sub-bacia do Ribeirão dos Bagres, com a apresentação de mapas temáticos e tabelas com enfoque no uso e ocupação do solo e situação da vegetação nativa ao longo dos cursos d'água.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- a) Delimitar e quantificar as áreas (em hectares) degradadas existentes e com necessidade de reflorestamento heterogêneo dentro das APPs da sub-bacia de estudo.
- b) Demonstrar o uso e ocupação do solo dentro da sub-bacia, quantificando a área de ocupação de cada classe estudada.
- c) Gerar mapas temáticos dentro do limite da sub-bacia, visando trazer informações significantes na aplicação de projetos ambientais da região.
- d) Demonstrar as áreas de maior ocupação antrópica e os fragmentos remanescentes de vegetação nativa dentro da sub-bacia.

## **2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A sub-bacia do Ribeirão dos Bagres está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Grande e na sub-bacia do Rio Sapucaí Mirim, contemplando os municípios de Franca e Restinga, situados no nordeste do Estado de São Paulo (Fig. 1). Ocupando uma área de aproximadamente 274,75 km<sup>2</sup>, ou 27.475 hectares, a sub-bacia em questão possui boa parte de suas nascentes primárias inseridas na área urbana do município de Franca-SP, sendo este curso d'água um dos principais afluentes do Rio Sapucaí Mirim. Como principais afluentes do ribeirão dos Bagres, podemos citar o Córrego da Alegria, Córrego do Espraiado (situado em área urbana), Córrego da Represa e Ribeirão Santo Antônio, estes em sua maioria, situados na zona rural em propriedades particulares.

A sub-bacia se localiza na província geomorfológica das Cuestas Basálticas do nordeste Paulista, situada a uma altitude média de 1.040 metros (em planalto variando de 640 a 1.055 metros). A região da serra de Franca se localiza na direção E-NE e a região central com direção SE-NW, ficando no limite entre os municípios de Cristais Paulista, Batatais, Restinga, Patrocínio Paulista, Claraval, Ibiraci, Ribeirão Corrente e São José da Bela Vista.

Essa região se mostra sensível ambientalmente, devido à facilidade de formação de voçorocas, devido aos aspectos do relevo, geologia, dinâmica hídrica e ocupação, acarretando assim perda de porções de terra úteis tanto para a agricultura quanto para o crescimento urbano. A produção agropecuária na região é dominada pela cana-de-açúcar, café e pastagem, além de culturas com menor densidade de ocupação, tais como milho, laranja, eucalipto, dentre outras.

Os tipos de solo predominantes na região são os Latossolos Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo, que podem ser associados também ao tipo de vegetação. O clima é classificado como Cwa, tropical de altitude, segundo a classificação de Koppen, com verões quentes e chuvosos, e invernos frios e secos.

A vegetação natural predominante na região de estudo (Figs. 2 e 3) pode ser caracterizada como de transição entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado, porém situada nos limites do Bioma Cerrado, com a presença de fitofisionomias florestais que ocorrem em ambos. Segundo o Inventário Florestal realizado pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo em 2005, nos municípios de Franca-SP e Restinga-SP, a predominância é de Floresta Estacional Semidecidual, seguida de Cerradão, Floresta Estacional Decidual e Cerrado *Strictu Sensu*, conforme a densidade de fragmentos remanescentes. Ocorrem ainda vegetações naturais de várzeas, situadas em solos hidromórficos. A vegetação ao longo dos cursos d'água pode ser classificada como Mata Ciliar e Mata de Galeria.



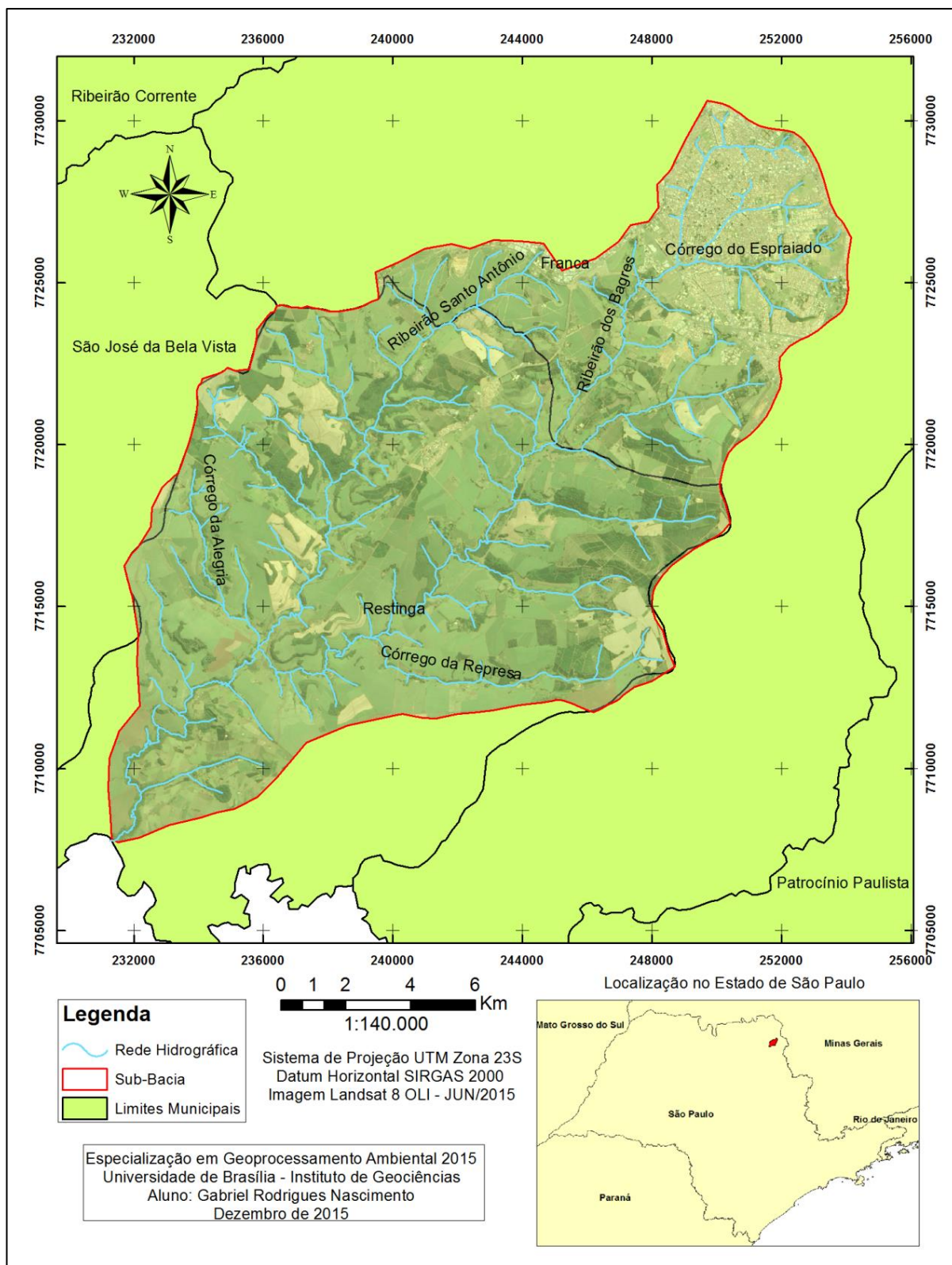


Figura 1. Localização da sub-bacia do Ribeirão dos Bagres no nordeste do Estado de São Paulo, municípios do entorno e rede hidrográfica com os seus principais afluentes, abrangendo os municípios de Franca e Restinga.



Figuras 2 e 3. Remanescentes florestais e aspecto de vegetação natural encontrada dentro da sub-bacia do Ribeirão dos Bagres. Fitofisionomias florestais classificadas como Floresta Estacional Semidecidual e Mata de Galeria.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada para desenvolvimento do trabalho buscou utilizar tanto o Sensoriamento Remoto como os Sistemas de Informação Geográfica, e as imagens e base de dados foram processadas nos softwares ENVI 5.1 e ArcGIS 10.2.2. Segue abaixo o fluxograma de trabalho (Fig. 4) para melhor visualização e interpretação do que foi realizado e será apresentado ao longo deste tópico.

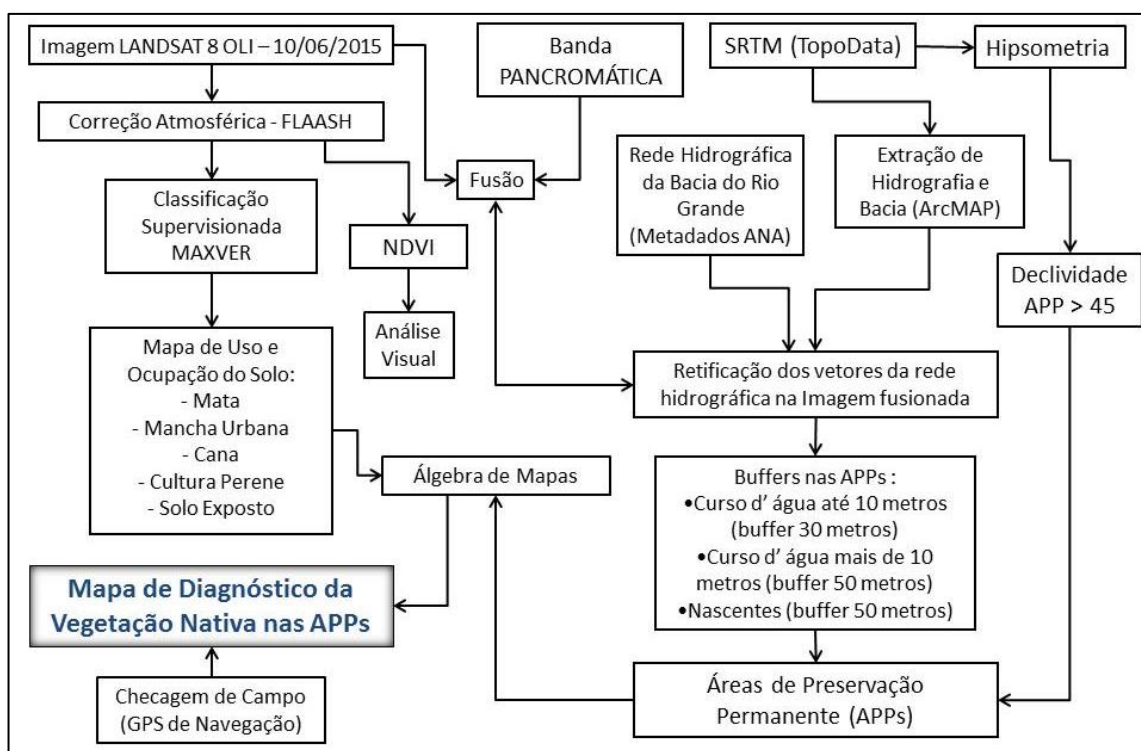


Figura 4. Fluxograma de trabalho utilizado para processamento dos dados e obtenção dos resultados.

### 3.1 Classificação Supervisionada

A imagem LANDSAT 8/OLI foi obtida através do site Earth Explorer/USGS e é datada de 10/06/2015, fase do ano aonde ainda predomina vegetação com folhagem verde na região, pois ocorre uma alta incidência de queda de folhas por se tratar de Floresta Estacional. Na imagem bruta, foi realizada a correção atmosférica e conversão para reflectância, através do algoritmo *FLAASH* do software ENVI 5.1. Posteriormente realizou-se a classificação supervisionada *Maximum Likelihood Classification*, ou classificação supervisionada Máxima Verossimilhança (MAXVER), onde foram coletadas regiões de interesse (ROIs), com aproximadamente 45 amostras para cada classe de uso, com as classes Mata, Cana-de-açúcar, Mancha Urbana, Solo Exposto e Cultura Perene. Desta classificação foram gerados mapas de uso do solo e a quantificação da área de ocupação de cada uso. Foram testadas ainda outras classificações, sendo elas Isodata, K-Means (ambas não-supervisionadas) e Mínima-Distância.

A classificação foi testada também com a classe pastagem, porém optou-se por excluí-la, tanto pela pouca incidência na sub-bacia, como pela semelhança da resposta espectral com a classe de cana-de-açúcar, o que acabava gerando confusão no resultado.

Foi realizada ainda no ENVI, a fusão pelo método *Brovey* de bandas multispectrais na composição RGB 4:3:2 (cores verdadeiras) com a banda pancromática, aumentando a resolução espacial do pixel para 15 metros, sendo esta imagem utilizada na detecção dos ROIs, e posteriormente, na retificação da rede de drenagem, além de auxiliar como base para análise geral dos resultados.

Foi aplicado o índice Kappa para análise da qualidade da classificação na geração do mapa de uso e ocupação do solo, com sua equação expressa abaixo e utilizando os dados da matriz de confusão elaborada com os dados levantados.

$$K = \frac{Po - Pc}{1 - Pc} \quad , \quad \text{onde} \quad Po = \frac{\sum_{i=1}^M n_{ii}}{N} \quad Pc = \frac{\sum_{i=1}^M n_{i+} n_{+i}}{N^2}$$

K= índice Kappa

N= número total de amostras da matriz de erros;

$n_{i+}$ = total da linha para uma dada classe;

$n_{+i}$ = total da coluna para uma dada classe;

$n_{ii}$ = elementos classificados corretamente;

M= número de classes da matriz de erros.

A quantidade de pontos amostrados foi calculada pela equação de Congalton & Green (1999), com base na proporção da classe com maior ocupação na área. A fórmula utilizada está expressa abaixo, e a tabela 1 traz os valores para classificação do índice.

$$N = B\Pi_i(1 - \Pi_i)/b^2 \quad , \text{ onde:}$$

N = número de amostras;

B = obtido de tabela de distribuição qui-quadrado com um grau de liberdade 1

K = número de classes

$\Pi_i$  = proporção da classe com maior área no mapa;

b = máximo erro admissível

Tabela 1. Valores de índice Kappa para qualidade da classificação MAXVER.

Valor de Kappa	Qualidade da Classificação
< 0,0	Péssima
0,0 – 0,2	Ruim
0,2 – 0,4	Razoável
0,4 – 0,6	Boa
0,6 – 0,8	Muito boa
0,8 – 1,0	Excelente

Fonte. LANDIS e KOCK, 1977

Para a estimativa e quantificação da vegetação nativa presente nas APPs da sub-bacia foi aplicada a classificação com apenas duas classes (Mata e Outros), que trouxe melhores resultados perante a utilização de mais classes, diagnosticada por observação visual da imagem classificada sobre a imagem fusionada. Tal medida foi adotada principalmente pelo fato de que as pastagens, que são a predominância nas APPs degradadas, foram muito confundidas com a cana-de-açúcar na classificação de uso e ocupação do solo, tendo em vista que tais erros trariam dados com informações não condizentes com a realidade.

### 3.2 Integração de Dados

A rede hidrográfica da sub-bacia foi obtida pela Agência Nacional das Águas (ANA), pelo site dos Metadados da ANA, as quais foram geradas pela vetorização em cima das cartas topográficas da bacia do Rio Grande, nas escalas 1:100.000 e 1:50.000. Após checagem desta

hidrografia e suas sobreposições reais sobre os cursos d'água, constatou-se uma discrepância significativa, sendo necessária a retificação dos vetores em cima da imagem fusionada, complementada por pequenas observações na plataforma GoogleEarth. Após a retificação dos vetores de hidrografia, foram delimitadas as APPs, de 50 metros para as nascentes e para o ribeirão dos Bagres (devido à sua largura superior a 10 metros), e de 30 metros para os afluentes denominados Córrego da Alegria, Córrego do Espraiado, Córrego da Represa, Ribeirão Santo Antônio e os córregos de menor dimensão. O buffer aplicado no Ribeirão dos Bagres foi de 56 metros, considerando-se uma largura média do rio de 12 metros, e já os buffers dos afluentes foi de 32 metros, considerando-se assim uma largura média de 4 metros para estes cursos d'água menores. Já para as nascentes, foi utilizado o buffer de 50 metros. A delimitação da sub-bacia foi realizada manualmente, considerando as curvas de nível e as divisas de municípios do IBGE.

Foi realizada ainda uma comparação entre a rede hidrográfica da ANA e a delimitação manual da sub-bacia, com a extração automática pelo software ArcGIS, através dos comandos *Flow accumulation* e *Watershade*, respectivamente, com base no MDE do TopoData. As nascentes foram criadas com *shapefile* de pontos, considerando-se uma nascente em cada início de hidrografia.

Foram aplicados os comandos *Fill*, *Contour* e *Topo to Raster* na etapa de geração dos mapas de Declividade e Hipsometria. A simbologia da declividade seguiu a tabela de classificação de relevo da EMBRAPA (2009), buscando demonstrar os tipos que ocorrem dentro da área (Tabela 2). Os mapas temáticos para diagnóstico do relevo foram gerados com base no Modelo Digital de Elevação do TopoData, obtido do site do INPE.

Tabela 2. Classificação do tipo de relevo conforme a declividade segundo a EMBRAPA.

Declividade (%)	Relevo
0 – 3	Plano
3 – 8	Suave ondulado
8 -20	Ondulado
20 - 45	Fortemente ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Fortemente montanhoso

Fonte. EMBRAPA (2009)

### **3.3 Álgebra de mapas**

Após as classificações supervisionadas, a rede de drenagem retificada sobre os cursos d'água e os buffers devidamente gerados, foi realizada a conversão de polígono para raster apenas dos buffers de APP, e na sequência, realizada a multiplicação pela álgebra de mapas com a imagem de duas classes. O peso utilizado para a classe “Mata” foi 1 e o peso para classe “Outros” foi 2. Desta maneira, os pixels que tivessem o dobro de valor seriam as áreas degradadas. Dentro desses limites, foi possível observar onde existia vegetação nativa e onde a mesma era ausente. Calculando-se as áreas foi gerada a tabela de ocupação do solo por tipo de APP: nascente, ou cursos d'água de 30 ou de 50 metros.

É importante ressaltar que o levantamento apresentado não leva em consideração as áreas consolidadas, e que traz apenas os resultados da presença ou ausência de vegetação nativa, que é o ponto inicial para realização de uma análise da adequação ambiental. Seria necessária a malha de propriedades rurais para realização de um diagnóstico de ativos e passivos ambientais conforme o Código Florestal, utilizando ainda imagens do ano de 2008.

### **3.4 Aplicação do NDVI**

Para uma análise mais aprofundada da vegetação foi gerado o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) proposto por Rouse et al. (1973), que permite fazer análises sobre a cobertura vegetal de determinada região em diversas escalas, sendo de grande utilidade na área ambiental. O índice é obtido pela razão entre a diferença da reflectância do infravermelho próximo (NIR) e a reflectância do vermelho (R), dividida pela soma das mesmas, destaca Allen et al. (2002). Para o cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, foi utilizada a expressão proposta por Rouse (1973):

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

### **3.5 Checagem de campo**

A checagem de campo foi realizada com a coleta de pontos em áreas de APP visitadas aleatoriamente, tanto na zona rural como em áreas urbanas. Foi utilizado GPS de navegação Garmin MAP64S com a rede hidrográfica inserida no mesmo, e posteriormente transferidos os pontos marcados para o ArcGIS sobre o mapa de diagnóstico da vegetação nativa.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 Relevo da Área de Estudo**

O diagnóstico de relevo é importante na análise ambiental porque traz informações sobre as áreas mais susceptíveis a erosões e demonstra a variação da altitude, além de possibilitar a estimativa das declividades e encostas. A altitude na sub-bacia variou entre 640 metros e 1.055 metros, basicamente crescendo no sentido SO-NE. A hipsometria foi demonstrada com a classificação de 10 classes, a cada 40 metros (Fig. 5).

A declividade foi classificada conforme a tabela da EMBRAPA, e não foi observado declive superior a 45 graus, ou 100% (Fig. 6). A predominância foi de relevo suave ondulado e ondulado, ocorrendo ainda os relevos plano e forte ondulado. É importante ressaltar novamente que, na prática, podem ocorrer situações de declividade superior a 100%, porém as imagens com resolução de 30 metros não possibilitam tal diagnóstico com alta precisão.



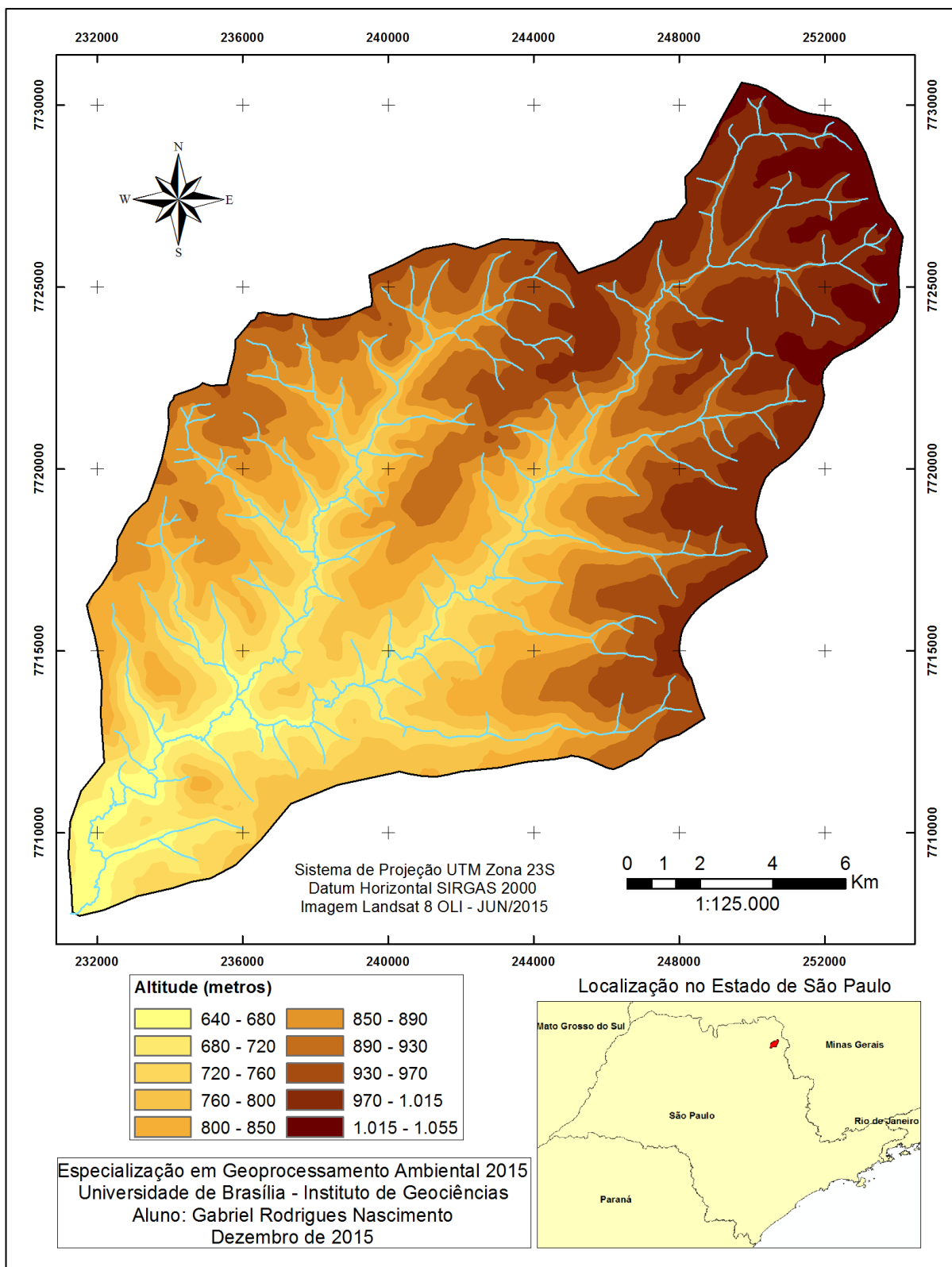


Figura 5. Mapa Hipsométrico da sub-bacia do Ribeirão dos Bagres



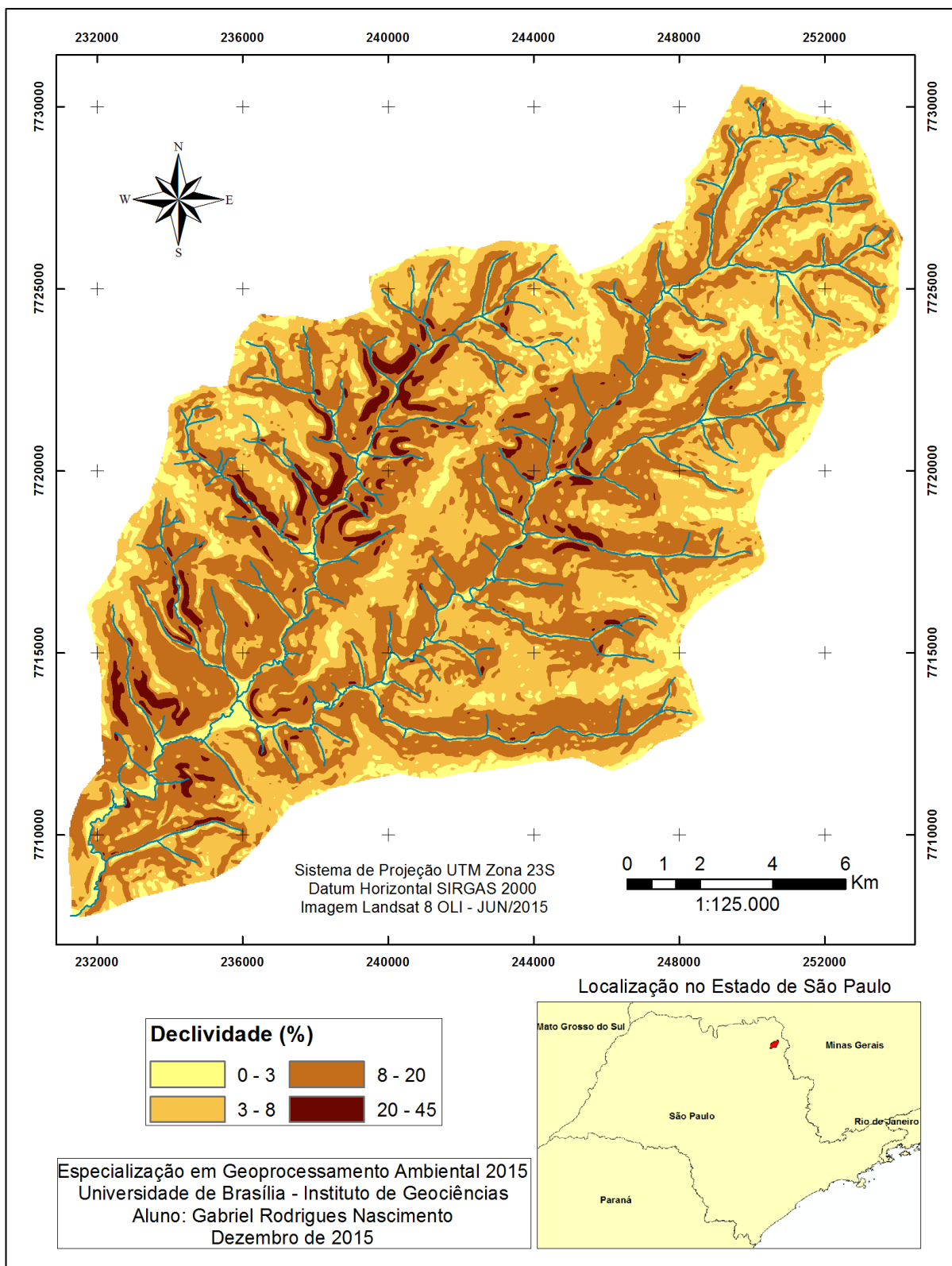


Figura 6. Mapa de declividade da sub-bacia do Ribeirão dos Bagres

## 4.2 Comparação de dados da análise hidrológica

A extração automática da hidrografia e da sub-bacia trouxe resultados satisfatórios, porém optou-se por utilizar os dados da ANA e a delimitação manual da sub-bacia. Os dados da ANA foram gerados sobre as cartas topográficas e isto garante a delimitação da hidrografia onde é necessária a aplicação da legislação com maior precisão. Na figura 7 podem ser observados maiores detalhes.

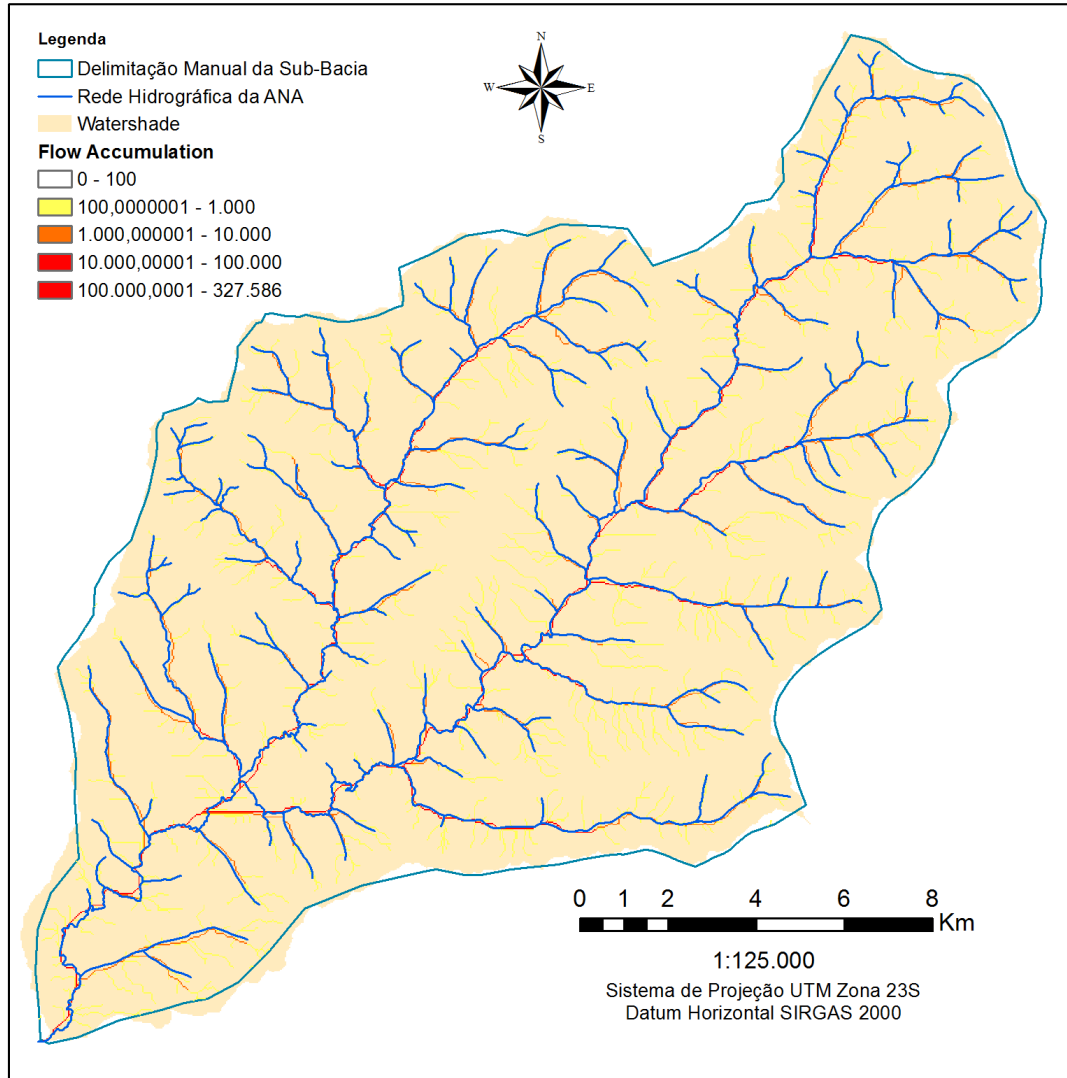


Figura 7. Comparação entre os dados da rede hidrográfica da ANA e da sub-bacia gerada manualmente, com a extração dos mesmos através do ArcGIS, com os comandos *Watershade* e *Flow accumulation*.

### 4.3 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Com o resultado do NDVI na sub-bacia de trabalho (Fig. 8) é possível observar uma maior densidade de vegetação na zona sul da mancha urbana da cidade de Franca. As áreas esverdeadas representam ausência de vegetação, e se destacam na mancha urbana e nos solos expostos, áreas onde recentemente foi colhida a cana-de-açúcar. O vermelho mais intenso pode ser observado em áreas com vegetação nativa e também onde são cultivadas culturas perenes, principalmente o café, com destaque para as áreas rurais com maior altitude. As áreas amarelas representam carreadores, rodovias e locais onde a cultura cultivada está em estágio inicial de desenvolvimento.

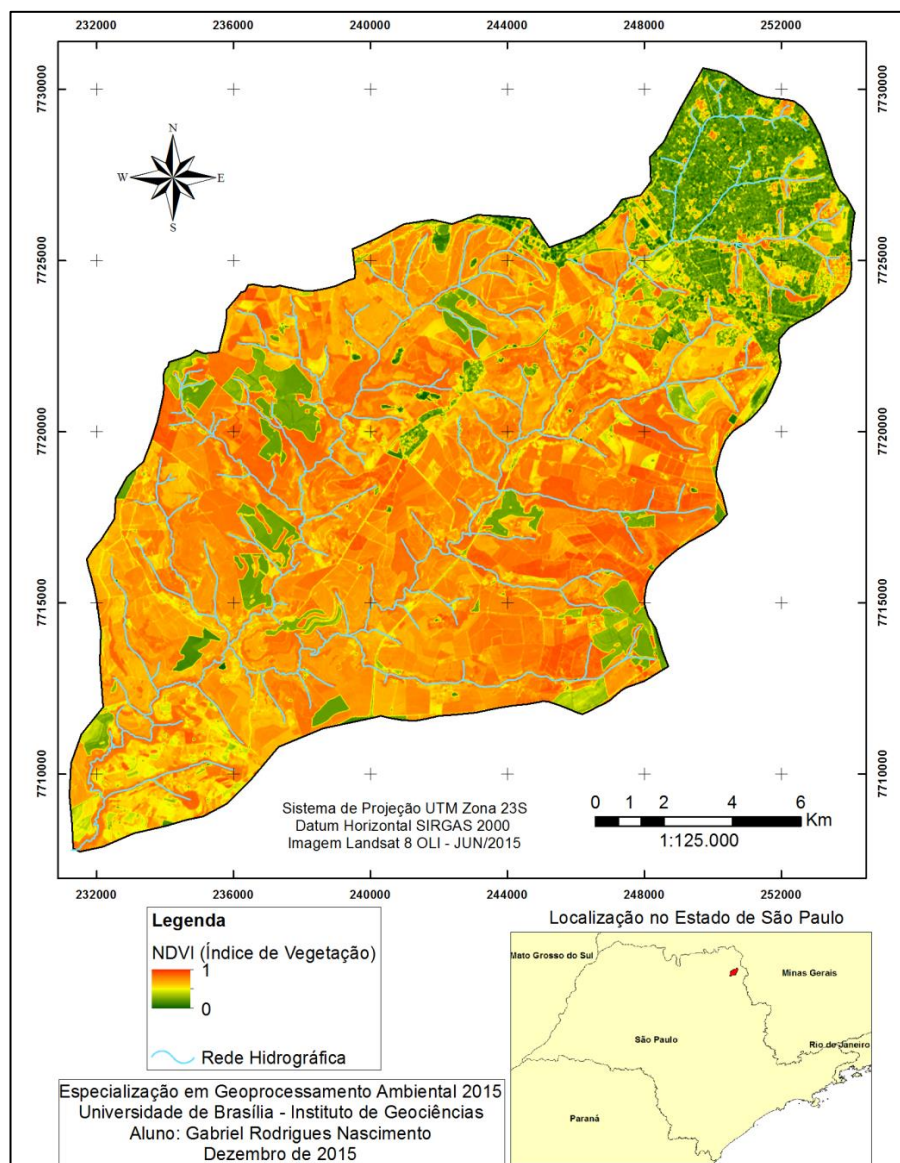


Figura 8. Mapa do NDVI da sub-bacia do Ribeirão dos Bagres

#### 4.4 Uso e Ocupação do Solo

A classificação supervisionada utilizada para geração do mapa de uso e ocupação do solo com resultado mais satisfatório foi a Máxima Verossimilhança (Fig. 9), onde foram testadas diversas classes de uso, porém utilizadas apenas cinco (Mata, Cana-de-Açúcar, Solo Exposto, Mancha Urbana e Cultura Perene). Tal decisão foi tomada pelo motivo de algumas classes estarem se sobrepondo, principalmente cana-de-açúcar com pastagem. A análise de campo e o conhecimento prévio da área foram fundamentais para diagnóstico e conclusões que serão apresentadas mais a frente. A classe de Mancha Urbana apresentou o pior resultado de classificação, seguida da classe de cultura perene. As rodovias de asfalto podem ser consideradas como inclusas na classe mancha urbana. Na classe de cana-de-açúcar, podem se considerar as pastagens inseridas na mesma, e já na classe solo exposto, se observa os carregadores, além de alguns telhados dentro da mancha urbana.

Após a classificação supervisionada MAXVER, o coeficiente Kappa foi utilizado para observação da qualidade da mesma, obtendo se o valor de 0,78, ou 78%, considerado MUITO BOM para os resultados obtidos (Tabela 3). A quantidade de pontos amostrados foi calculada pela equação de Congalton e Green (1999), com base na proporção da classe com maior ocupação na área, que no caso foi a Cana-de-Açúcar, com 41%. O nível de confiança foi de 95%, chegando ao número de amostras de 642.

Tabela 3. Matriz de confusão gerada para cálculo do índice Kappa da classificação supervisionada.

	Mata	Cana	Mancha Urbana	Cultura Perene	Solo Exposto	Total
Mata	84	2		8		94
Cana	11	231	1	3	2	248
Mancha Urbana	2	11	94		21	128
Cultura Perene	13	15	1	69	6	104
Solo Exposto	1	3	5	1	58	68
Total	111	262	101	81	87	642

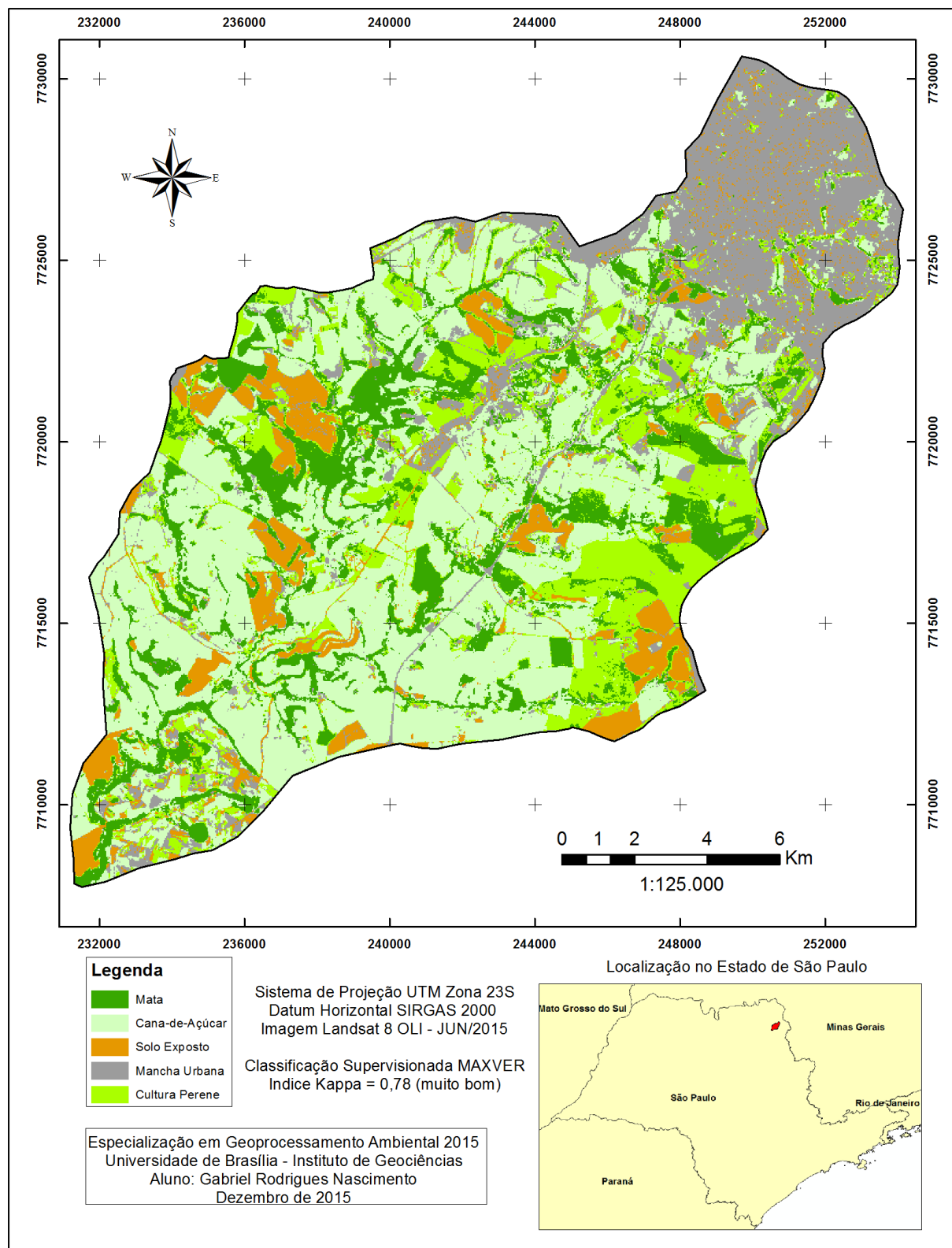


Figura 9. Mapa de Uso e Ocupação do Solo da sub-Bacia do Ribeirão dos Bagres

A classe dominante foi a Cana-de-Açúcar, ocupando 41% do território, seguida de Mancha Urbana com 19%, e Mata com 16,2%. As áreas de menor ocupação foram Cultura Perene e Solo Exposto, com 16,14% e 8,5%, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Quantificação das áreas de ocupação de cada classe de uso do solo.

<b>Classe de Uso do Solo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (%)</b>
Mata	4454,45	16,23
Cana de Açúcar	11284,24	41,07
Solo Exposto	2335,88	8,50
Mancha Urbana	5239,07	19,06
Cultura Perene	4162,06	15,14
<b>Total</b>	<b>27475,70</b>	<b>100,00</b>

#### 4.5 Diagnóstico da vegetação nativa nas Áreas de Preservação Permanente

As APPs são diversas dentro da lei florestal, dependendo basicamente da largura do rio, da região de estudo, declividade do terreno, altitude, dentre outros fatores, podendo ocorrer diferentes situações em cada caso. No caso da sub-bacia do Ribeirão dos Bagres, foram diagnosticadas apenas as APPs ao longo dos cursos d'água, não sendo observadas declividades superiores a 45 graus, e tão pouco, áreas de topo de morro dentro dos limites estabelecidos. Pode ser que existam estas situações, porém a análise pelo geoprocessamento muitas vezes limita este diagnóstico devido à resolução espacial disponibilizada por imagens gratuitas.

No resultado foi possível estimar o tamanho da área de cada tipo de APP e a presença ou ausência de vegetação nativa. Todos os tipos de APP apresentaram um maior índice de vegetação nativa do que degradada, e as nascentes são as que precisam de maior atenção (Tabela 5).

Foram identificadas 138 nascentes, sendo considerada uma em cada início de hidrografia. A área total de APP levantada foi de 1.720,9 hectares, o que expressa aproximadamente 6,27 % da área total da sub-bacia. A maior parte das APPs é ocupada pelos córregos (73,4%), seguida do Ribeirão dos Bagres (20,9%) e posteriormente as nascentes (5,7%). A porcentagem de APP degradada (45,7%) é menor que a de APP conservada (54,3%), sendo bom sinal para situação ambiental da sub-bacia, porém com muitos locais ainda a se dar atenção.

Pelo mapa gerado, é possível observar que a área urbana é a que sofre maior degradação, devido as APPs sem vegetação, e que o restante das áreas degradadas estão uniformemente distribuídas sobre os limites da sub-bacia (Fig. 10). As APPs do Ribeirão dos Bagres próximas a sua foz se encontram em boas condições de conservação.

Na conversão de raster para polígono objetivando o cálculo de áreas após a álgebra de mapas, é importante estar atento a possíveis distorções nos buffers que possam ter ocorrido, e realizar correções manualmente para melhoria dos resultados, retificando os vetores gerados.



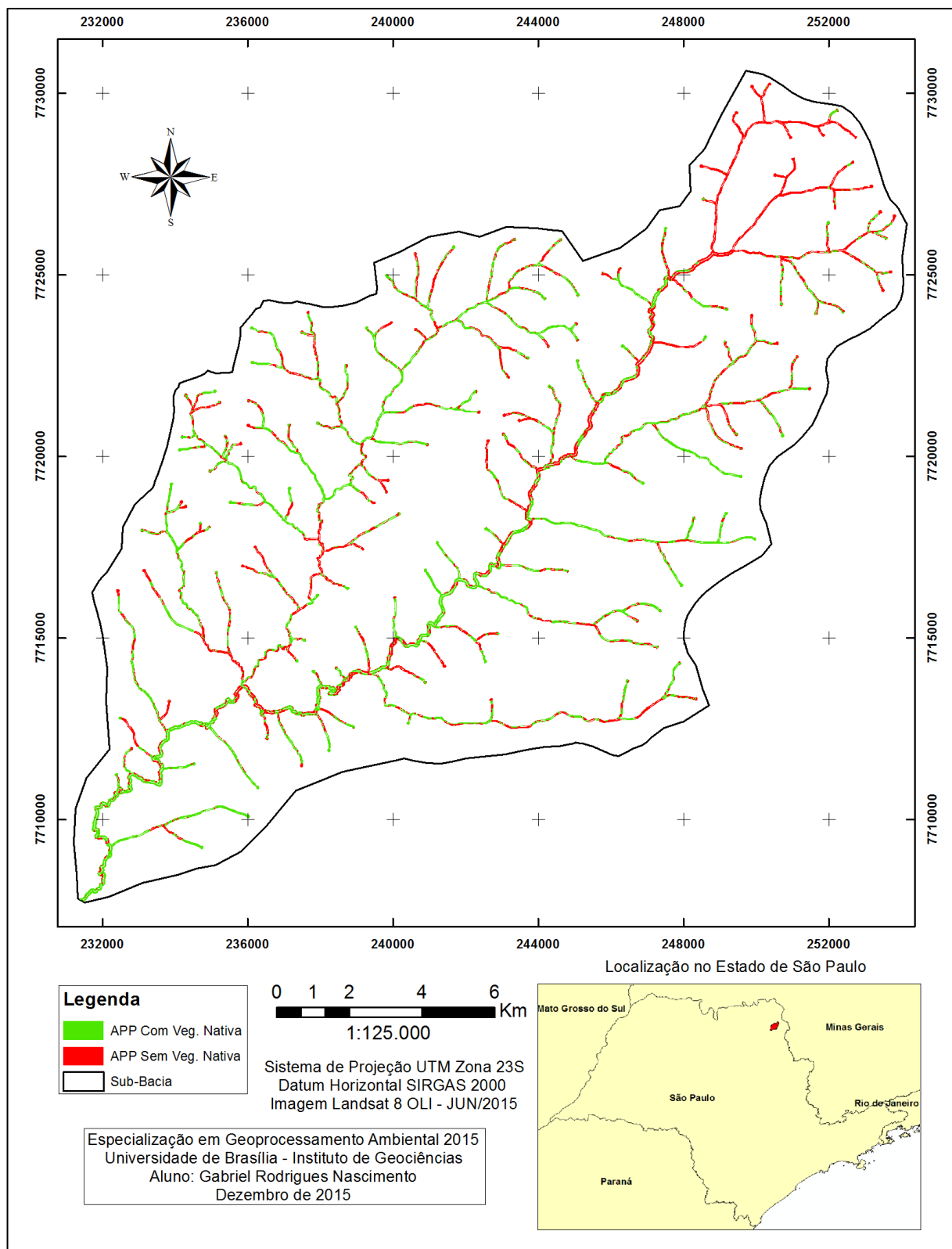


Figura 10. Mapa de diagnóstico de vegetação nativa nas Áreas de Preservação Permanente da sub-bacia do Ribeirão dos Bagres.



Tabela 5. Relação das áreas degradadas ou ocupadas com vegetação nativa nas APPs da sub-bacia do Ribeirão dos Bagres, tanto em hectares quanto em porcentagem.

<b>Classe de APP</b>	<b>Área Degradada (45,7%)</b>	<b>Área C/ Veg. Nativa (54,3%)</b>	<b>Área Total de APP (ha)</b>	<b>Área Total de APP (%)</b>
Nascentes (50m)	48,1	50,9	99,0	5,7
Córregos (30m)	598,3	664,8	1263,1	73,4
Rib. dos Bagres (50m)	140,7	218,1	358,8	20,9
<b>Total (ha)</b>	<b>787,1</b>	<b>933,8</b>	<b>1720,9</b>	<b>100</b>

#### 4.6 Checagem de campo

A atividade de campo foi a última realizada e demonstrou que o mapa de diagnóstico das APPs teve resultados satisfatórios, condizendo com a verdade de campo na maioria dos pontos coletados. Nas figuras 11 a 14 podem ser observadas fotos dos pontos coletados em campo e a situação de algumas APPs.



Figuras 11 e 12. APP do Córrego dos Bagres com uma de suas margens degradada e nascente degradada em área rural do município de Franca/SP.



Figuras 13 e 14. Áreas de APP degradadas situadas na zona urbana do município de Franca.

## 5. CONCLUSÃO

O estudo realizado permitiu uma análise ambiental significativa da região da sub-bacia do Ribeirão dos Bagres e traz subsídios pertinentes para a fiscalização ambiental. São observadas áreas que necessitam de maior atenção quanto à necessidade de recuperação da vegetação nativa, principalmente nas nascentes. As APPs do Ribeirão dos Bagres, principal curso d'água da sub-bacia, apresentaram as melhores condições de conservação.

A sub-bacia está tomada em sua maioria pelo cultivo da Cana-de-açúcar. A classificação não permitiu um detalhamento satisfatório para a utilização de todas as classes no diagnóstico da vegetação nativa, prevendo erro devido à dificuldade de distinguir pastagem de cana, e cultura perene de mata. Apesar de ter atingido um bom índice Kappa, 0,78, alguns locais não condizem com a realidade, principalmente na classe Mancha Urbana.

É recomendada atenção no momento de geração dos buffers para APPs, e principalmente na conversão de raster para polígono após a álgebra de mapas, pois a largura do rio e o tamanho dos pixels da imagem influenciam nos resultados obtidos pelos softwares, podendo trazer erros significativos.

A retificação dos vetores de hidrografia foi fundamental para um bom resultado, pois a dimensão das APPs é pequena com relação aos pixels e a base de dados da ANA possui algumas discrepâncias. Para melhores resultados, recomenda-se trabalhar com imagens de alta resolução, porém com Landsat-8 pode se chegar a muitas informações úteis, otimizando o trabalho de campo de órgãos públicos ou outras instituições, além de colaborar com futuros projetos de recuperação florestal.

Para um levantamento sobre a obrigatoriedade de reflorestamento, deve se levar em consideração a questão das áreas rurais consolidadas, realizando-se um trabalho mais aprofundado com a malha das propriedades rurais.

Tal estudo busca trazer subsídios para uma visão geral da situação ambiental na sub-bacia em questão, e permite uma atuação mais precisa dando prioridade às áreas com necessidade de maior atenção, visando principalmente o aumento da qualidade e quantidade de água.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CÂMARA, G. Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica: visão atual e perspectivas de evolução. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 2, 1993, São Paulo. Anais. São Paulo, SP: USP, 1993.

COSTA, P. R.; ALMEIDA, J. W. L.; ELMIRO, M. A. T. E. Análise do índice de cobertura vegetal em área de APP: o caso da sub-bacia do ribeirão do Pau Preto/TO. Disponível em: <[http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/162/CT04-70\\_1404431812.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/4/162/CT04-70_1404431812.pdf)> Acesso em: 25 Ago. 2015.

COHENCA, D.; CARVALHO, R. Comparação de métodos de classificação OBIA, Máxima Verossimilhança e Distância Mínima em imagem OLI/Landsat-8 em área de alta diversidade de uso do solo. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0193.pdf>> Acesso em: 16 Set. 2015.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. New York: Lewis Publisher. P. 137, 1999.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 2009: EMBRAPA - SPI, 412p.

FAUSTINO, J. Planificación y gestión de manejo de cuencas. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FIDALGO, E. C.C. Exatidão no processo de mapeamento temático da vegetação de uma área de mata atlântica no estado de São Paulo, a partir de imagens TM-Landsat.1995. 186p. (INPE-5944-TDI/570). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.

FREITAS JR, R. L.; RIBEIRO, P. G. Avaliação de classificação de imagens para mapeamento digital do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO).

GARCIA, Y. M. Conflitos de uso do solo em APPs na bacia hidrográfica do córrego Barra Seca (Pederneiras/SP) em função da legislação ambiental / Yara Manfrin Garcia. – Botucatu : [s.n.], 2014. Dissertação de Mestrado.

JENSEN, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604 p

LANDIS, J. R; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, V. 33, n. 1, p. 159-174, 1977

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. Matas ciliares: conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo: EDUSP/Fapesp, 2004. cap.3, p.33-44.

LIMA, W.P. Função hidrológica da mata ciliar. In SIMPOSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo, Anais. Fundacao Cargill. p.25-42

NBL – Engenharia Ambiental Ltda e The Nature Conservancy (TNC). 2013. Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará. The Nature Conservancy, Belém, PA. 128 páginas

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the greatplains with ERTS. In Earth Resources Tecnology Satellite - 1 Symposium,3, 1973. Proceedings. Washington, 1973, v.1, Sec. A, p. 309-317.

SANTOS, R. F. dos. Planejamento Ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, S. B. D.; DE ALMEIDA, R. A.; DUPAS, F. A. Conflito de uso do solo nas áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, São Lourenço/MG - uma contribuição para a preservação dos mananciais de água mineral. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007. Florianópolis. Anais. Florianópolis: INPE , 2007. p. 4217-4224.

ZAKIA, M. J. B. Atualização Florestal - a Nova Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. In: Curso realizado pelo Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ). Nazaré Paulista, 2013.